

SEMICONDUCTOR DEVICE AND BONDING METHOD USING SOLDER

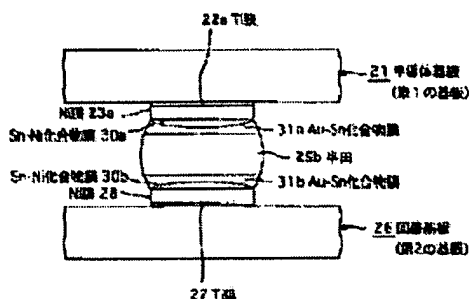
Publication number: JP2000150574
 Publication date: 2000-05-30
 Inventor: AKAMATSU TOSHIYA
 Applicant: FUJITSU LTD
 Classification:
 - International: H01L21/60; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/60
 - European:
 Application number: JP19980323197 19981113
 Priority number(s): JP19980323197 19981113

S/N 10/815,103
 ART UNIT 2826

Report a data error here

Abstract of JP2000150574

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve mechanical strength by ensuring the wettability of solder to an electrode and by preventing Ni or the like in a barrier layer from being diffused into solder. **SOLUTION:** In a semiconductor device in which electrodes formed on a first substrate 21 and a second substrate 26 and having at least an Ni film 23a or an Ni alloy film 28 are bonded to each other by solder 25b whose main component is Sn, Au-Sn compound films 31a, 31b are interposed between the Ni film or the Ni alloy film 23a, 28 and the solder 25b such that it is in contact with the solder 25b.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In a semiconductor device which it comes to join to the 1st substrate and 2nd substrate with solder in which the electrodes which were formed, respectively, and which have a Ni film or a Ni alloy film at least use Sn as the main ingredients, A semiconductor device, wherein Au-Sn compound membrane intervenes so that said solder may be touched between said Ni film or a Ni alloy film, and said solder.

[Claim 2] The semiconductor device according to claim 1, wherein Sn-nickel compound membrane intervenes between said Ni film or a Ni alloy film, and said Au-Sn compound membrane.

[Claim 3] A process of forming a multilayer electrode which has a Ni film or a Ni alloy film, and the topmost Au membrane at least on the 1st substrate, A process of forming a multilayer electrode which has a Ni film or a Ni alloy film, and the topmost Au membrane at least on the 2nd substrate, A process of forming a vamp on Au membrane of one of said electrodes at least among said 1st substrate or said 2nd substrate with solder which uses Sn as the main ingredients, A process which makes said 1st substrate or said 2nd substrate counter so that said electrode formation face may face each other, and contacts said electrode, said vamp, or said vamps mutually, While heating and carrying out melting of said vamp and including said Au in said Handa, A joining method by process to which said electrodes are joined with said solder, and solder heating further and forming Au-Sn compound membrane which touches said solder between said Ni film or a Ni alloy film, and said solder.

[Claim 4] A process of forming an electrode which has a Ni film or a Ni alloy film at least on the 1st substrate, A process of forming an electrode which has a Ni film or a Ni alloy film at least on the 2nd substrate, A process of forming a vamp with solder which uses Sn as the main ingredients on said electrode of [1 / any / at least] said 1st substrate or said 2nd substrate, and contains Au, A process which makes said 1st substrate or said 2nd substrate counter so that said electrode formation face may face each other, and contacts said electrode, said vamp, or said vamps mutually, A joining method by process to which melting of said vamp is heated and carried out, and said electrodes are joined with said solder, and solder heating further and forming Au-Sn compound membrane which touches said solder between said Ni film or a Ni alloy film, and said solder.

[Claim 5] A joining method by the solder according to claim 3 or 4, wherein cooking temperature which forms said Au-Sn compound membrane is lower than melting temperature of said solder.

[Claim 6] A joining method by the solder according to any one of claims 4 to 5, wherein Sn-nickel compound membrane is formed between said Ni film or a Ni alloy film, and said Au-Sn compound membrane.

[Detailed Description of the Invention]

This invention relates to the joining method by the semiconductor device and solder which connect electronic parts and the circuit board in more detail using the vamp of the solder which uses Sn as the main ingredients about the joining method by the semiconductor device and solder.

[0001]

[Description of the Prior Art]The portion to which an electronic equipment part article is joined with solder is a large majority. In electronic parts common in the solder used for junction, Sn-Pb eutectic solder (melting temperature of 183 **) is used widely.

[0002]On the other hand, the solder (hereafter, Pb-5Sn is called and a similar display expresses the same contents as this.) which is the melting temperature of 314 ** with which 5% of Sn was added by Pb is known for the solder used for junction. Generally aluminum is used, solder is flipped and the wiring on LSI or the circuit board cannot be directly soldered on Al wiring, if it tries to perform junction to Al wiring using such solder. For this reason, the electrode by which the adhesion layer for improving adhesion with Al wiring, a barrier layer for solder not to be spread, and the upper layer for the wettability which consists of metal which is easily damp in solder were laminated is formed, it solders on the electrode of such composition and junction to other electrodes is formed. In this case, the electrode material for obtaining high bonding strength and the laminated structure of an electrode are needed.

[0003]In the present Sn-Pb system solder, Ti and Cr are used for an adhesion layer, Cu and nickel are used for a barrier layer, and Au, Ag, Pd, etc. are used for the upper layer for wettability.

[0004]In the flip chip mounting which is in use as a mounting method of LSI now, in order to station a solder bump to array form in the active region of an LSI chip, there is a problem that a soft error happens by the alpha rays generated from Pb in a solder material. A soft error increases as the minuteness making of an element and voltage lowering advance especially, and it has been a problem.

[0005]The solder material which does not contain Pb from a point of an environmental problem, either is required, and development of the solder which uses Sn as the main ingredients is performed briskly.

[0006]However, since there are many Sn components as compared with Pb-5Sn solder when carrying out a bump joint with the solder which uses Sn as the main ingredients, in the electrode configuration used with Pb-5Sn solder. When heating the solder bump who formed on the electrode more than the melting point and carrying out melting in the Bengbu formation process, nickel which carries out the role of a barrier layer is spread in Handa, the thickness of a Ni film decreases, and solder comes to contact the metal membrane of the ground of a Ni film. At this time, it turned out that solder is flipped by the metal membrane of a ground and defecting joinings, such as a solder bump's lack and a fall of bonding strength, occur mostly.

[0007]When thickness of a Ni film or a Cu film tends to be thickened and it is going to prevent the above-mentioned fault, a lot of [it is quick and / in a vamp formation process] nickel in Handa diffuses diffusion of nickel to the inside of Handa who uses Sn as the main ingredients, etc., and it forms Sn and an intermetallic compound. For this reason, it turned out that the mechanical strength of solder falls and the reliability of a joined part is reduced remarkably.

[0008]It also turned out that nickel of a barrier layer, etc. are spread in Handa, an electrode area is decreased, and reliability is reduced with heat loads, such as a thermal cycling test.

[0009]Many Au(s) are used for the general electrode surface layer of electronic equipment as an antioxidant film. Since Au tends to diffuse Sn in the solder used as the main ingredients, for example, Pb-63Sn Handa, if the thickness of Au is thick, the quantity of Au which melts into Handa will increase, with an Au-Sn intermetallic compound, the mechanical strength of solder falls and a life becomes short.

[0010]Then, the method of forming junction using Sn-Ag system solder is indicated, even if Au spreads and reacts into Handa, an Au-Sn intermetallic compound is distributed in Handa by operation of Ag, and the mechanical strength is kept from falling in JP,3-66492,A.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, if the gap between the electrode of an LSI chip and the electrode of the circuit board is set to 100 micrometers or less like flip chip mounting when Sn-Ag system solder is used, a solder portion will decrease, the stress release effect of solder will become small, and the stress concerning an electrode section will become large. And the influence will become increasingly large, if solder is consumed and the connection area of solder and an electrode decreases by diffusion of the metal of a barrier layer. For this reason, a soldered joint separates easily and reliability falls.

[0012]Since the thickness which can secure wettability at worst further may be sufficient as the Au membrane of the upper layer for wettability in consideration of the balance of an antioxidant effect and the diffusing capacity to the inside of Handa, it makes the thickness thin with 0.1 micrometer or less in many cases. In this case, soldering time is lengthened and it is made to perform soldering temperature at an elevated temperature conventionally so that wettable [at the time of soldering / poor] may not come out. For this reason, in using the solder which uses Sn as the main ingredients and making a Ni film and a Ni alloy film into a barrier layer, into Handa, nickel of a barrier layer is spread so much, for this reason, weakens the mechanical strength of a soldered joint, and is reducing reliability.

[0013]This invention is created in view of the problem of the above-mentioned conventional example, and is a thing.

The purpose is providing the joining method by the semiconductor device and solder which can control diffusion into Handa, such as nickel of a barrier layer, and can raise the mechanical strength of a soldered joint while securing the wettability of **.

[0014]

[Means for Solving the Problem]In a semiconductor device which an invention of claim 1 requires for a semiconductor device, and it comes to join to the 1st substrate and 2nd substrate with solder in which the electrodes which were formed, respectively, and which have a Ni film or a Ni alloy film at least use Sn as the main ingredients in order to solve an aforementioned problem, It is characterized by an Au-Sn compound layer intervening so that said solder may be touched between said Ni film or a Ni alloy film, and said solder.

[0015]An invention concerning claim 2 relates to the semiconductor device according to

claim 1, and it is characterized by content of Sn in said Handa being more than 80wt%.

[0016]An invention concerning claim 3 relates to the semiconductor device according to claim 1 or 2, and it is characterized by Sn-nickel compound membrane intervening between said Ni film or a Ni alloy film, and said Au-Sn compound membrane.

[0017]A process of an invention concerning claim 4 starting a joining method by solder, and forming a multilayer electrode which has a Ni film or a Ni alloy film, and the topmost Au membrane at least on the 1st substrate, A process of forming a multilayer electrode which has a Ni film or a Ni alloy film, and the topmost Au membrane at least on the 2nd substrate, A process of forming a vamp on Au membrane of one of said electrodes at least among said 1st substrate or said 2nd substrate with solder which uses Sn as the main ingredients, A process which makes said 1st substrate or said 2nd substrate counter so that said electrode formation face may face each other, and contacts said electrode, said vamp, or said vamps mutually, While heating and carrying out melting of said vamp and including said Au in said Handa, it is characterized by a process to which said electrodes are joined with said solder, and heating further and forming an Au-Sn compound layer which touches said solder between said Ni film or a Ni alloy film, and said solder.

[0018]A process of an invention concerning claim 5 starting a joining method by solder, and forming an electrode which has a Ni film or a Ni alloy film at least on the 1st substrate, A process of forming an electrode which has a Ni film or a Ni alloy film at least on the 2nd substrate, A process of forming a vamp with solder which uses Sn as the main ingredients on said electrode of [1 / any / at least] said 1st substrate or said 2nd substrate, and contains Au, A process which makes said 1st substrate or said 2nd substrate counter so that said electrode formation face may face each other, and contacts said electrode, said vamp, or said vamps mutually, It is characterized by a process to which melting of said vamp is heated and carried out, and said electrodes are joined with said solder, and heating further and forming an Au-Sn compound layer which touches said solder between said Ni film or a Ni alloy film, and said solder.

[0019]An invention of claim 6 relates to a joining method by the solder according to claim 4 or 5, and it is characterized by content of Sn in said Handa being more than 80wt%.

[0020]An invention of claim 7 relates to a joining method by the solder according to any one of claims 4 to 6, and it is characterized by content of Au in said Handa when said electrodes are joined with said solder being more than 0.1wt% and less than 20wt%.

[0021]An invention of claim 8 relates to a joining method by solder of a statement among [1 / any] claims 4 thru/or 7, and said solder is characterized by including any at least one of Ag, Bi, Cu, In, nickel, Sb, or Zn other than said Sn.

[0022]Cooking temperature which an invention of claim 9 requires for claim 4 thru/or a joining method by solder given in any 1 shot eight, and forms said Au-Sn compound layer is characterized by being characterized by being lower than melting temperature of said solder.

[0023]An invention of claim 10 relates to claim 4 thru/or a joining method by solder given in any 1 shot nine, and it is characterized by forming Sn-nickel compound membrane between said Ni film or a Ni alloy film, and said Au-Sn compound membrane.

[0024]By the way, the following things were found out by invention-in-this-application person when the electrodes which have an alloy film containing a Ni film or nickel and

Au membrane were joined with solder which uses Sn as the main ingredients.

[0025] That is, Au which is a component of a surface layer of an electrode is spread in Handa, an Au-Sn compound is formed, and it distributes in Handa. On the other hand, since nickel which is similarly a component of an electrode has the slow diffusion rate to inside of Sn containing solder as compared with Au, most forms Sn-Ni compounds right above an electrode. A dispersed Au-Sn compound is condensed around Sn-Ni compounds with heating below the melting point of solder. An Au-Sn compound layer formed in the surroundings of Sn-Ni compounds by condensing has an effect which controls diffusion of nickel to inside of Handa who uses Sn as the main ingredients.

[0026] A semiconductor device of this invention is joined to the 1st substrate and 2nd substrate with solder in which the electrodes which were formed, respectively, and which have a Ni film or a Ni alloy film at least use Sn as the main ingredients, and an Au-Sn compound layer is made to intervene so that solder may be touched between a Ni film or a Ni alloy film, and solder.

[0027] That is, since it has a function for which an Au-Sn compound layer which intervenes between a Ni film or a Ni alloy film, and solder controls diffusion of nickel, diffusion of nickel to inside of Sn system Handa can be controlled.

[0028] In a formation method of a soldered joint of this invention, The electrodes which have an alloy film which fuses solder which uses Sn as the main ingredients, and contains a Ni film or nickel at least, and the Au membrane of the top layer are joined, and an Au-Sn compound layer which touches solder is formed between an alloy film and solder which heat further and contain a Ni film or nickel.

[0029] Or when not using Au membrane for the top layer of an electrode, or when thickness of Au membrane is thin, solder which uses as the main ingredients Sn which made Au contain is used.

[0030] It is preferred that it is made to perform film thickness adjusting and adjustment of content so that quantity of Au contained in Handa after all form junction by solder in these cases may be about 0.1wt%-20wt%.

[0031] An Au-Sn compound layer can be formed between Sn-Ni compounds and solder which were formed right above an electrode by this on the occasion of joint formation between a Ni film in a rear electrode in which junction by solder was formed, etc. and solder.

[0032] That is, when nickel with a slow diffusion rate to solder which uses Sn as the main ingredients is used as a component of an electrode, while a Sn-nickel compound layer is formed right above an electrode in the case of joint formation, an Au-Sn compound generates and distributes in Handa. And an Au-Sn compound distributed in Handa can be made to condense around a Sn-nickel compound layer by heating further at a temperature lower than the melting point of solder after joint formation.

[0033] Thus, since an Au-Sn compound layer which can control diffusion of nickel can be made to intervene between a Ni film in an electrode, etc. and solder, and also between a Sn-nickel compound layer and solder, diffusion of nickel to inside of Handa can be controlled, and reduction in an electrode area can be prevented.

[0034] By this, it can decrease in the poor vamp chip of soldered joint formation in process, a jointing condition even with after [good] joint formation can be maintained, and improvement in a heat-resistant fatigue life can be aimed at.

[0035] Although stress concentrates on an interface of an Au-Sn compound layer and

solder, a part which stress to a soldered joint concentrates can be shifted to a center section of the soldered joint by lengthening cooking time after joint formation, or increasing quantity of Au in Handa, and forming a thick Au-Sn compound layer. For this reason, stress to a soldered joint can be distributed to both substrates, and it can ease, and is effective in raising a life.

[0036] Since growth of an Au-Sn compound layer is promoted by heating of a thermal cycling test etc. and a thick Au-Sn compound layer is formed, an effect which controls nickel diffusion into Handa further is acquired.

[0037]

[Embodiment of the Invention] Below, it explains, referring to drawings for an embodiment of the invention.

[0038] (A 1st embodiment) Drawing 1 - drawing 3 are the sectional views showing the semiconductor device created by joining method by the solder concerning a 1st embodiment of this invention, and a method for the same.

[0039] Drawing 3 is a sectional view showing the semiconductor device created by the joining method by the solder concerning a 1st embodiment of this invention among those figures.

[0040] The circuit board 26 in which the bonding electrode which is not illustrated on an aluminum nitride substrate (AlN board) or an alumina substrate and circuit wiring were formed as the semiconductor device was shown in drawing 3, It laminates so that forming faces, such as a bonding electrode mutual in the semiconductor substrate 21 in which the integrated circuit which consists of the transistor which is not illustrated, wiring, a bonding electrode, etc. was formed, may counter, and it has the composition to which each bonding electrode is joined with the solder 25b.

[0041] in this case -- as the material of the solder 25b -- the inside of tin (Sn) -- silver (Ag) -- 3.5wt% -- what was contained is used.

[0042] The solder 25b for junction is formed between the electrode which has Ni film 23a on the semiconductor substrate 21, and the electrode which has Ni film 28 on the circuit board 26, It has the composition in which the Au-Sn compound membrane 31a and 31b is formed so that the solder 25b may be touched at least, respectively between each Ni films 23a and 28 and the solder 25b.

[0043] When manufacturing the above-mentioned semiconductor device, on the relation which fuses a solder bump and forms the solder 25b for junction actually, Since the Sn-nickel compound membrane 30a and 30b is formed right above an electrode, the Au-Sn compound membrane 31a and 31b will intervene between the narrow Sn-nickel compound membrane 30a and 30b and the solder 25b for junction between large Ni films 23a and 28 and the solder 25b for junction.

[0044] Between Ni film 23a, between the semiconductor substrates 21 and Ni electrode 28, and the circuit board 26, Ti films 22a and 27 intervene as an adhesion layer, respectively.

[0045] Next, how to create the above-mentioned semiconductor device is explained, referring to drawing 1 - drawing 3.

[0046] First, as shown in drawing 1 (a), Ti film 22 of 100 nm of thickness used as an adhesion layer is formed by a sputtering technique on the semiconductor substrate 21 in which the integrated circuit which consists of a transistor, wiring, etc. was formed, Ni film 23 of 2 micrometers of thickness which serves as a barrier layer on Ti film 22 with

plating is formed, and Au membrane 24 of 700 nm of thickness which serves as the upper layer for wettability with plating the same on it is formed.

[0047]As shown in drawing 5 at this time, the thickness of Au membrane 24 requires cautions in order to affect the content of Au which comes to be contained in Handa at the time of solder melting. It is a graph which shows the result which drawing 5 made the parameter the gap between the semiconductor substrate 21 and the circuit board 26, and was investigated about Au content in Handa at the time of solder melting, A vertical axis shows Au content (wt%) in Handa who expressed with the linearity graduation, and a horizontal axis shows the Au membrane thickness (micrometer) of the electrode top layer expressed with the linearity graduation.

[0048]Subsequently, as shown in drawing 1 (b), Au membrane 24, Ni film 23, and Ti film 22 are patterned using the same mask, and an electrode with a diameter of 100 micrometers which should be joined with solder is formed. Thereby, the multilayer electrode which consists of Ti film 22a of an adhesion layer, Ni film 23a of a barrier layer, and Au membrane 24a of the upper layer for wettability is formed from the semiconductor substrate 21 side.

[0049]Next, as shown in drawing 1 (c), the solder bump 25 is formed on the electrode of the semiconductor substrate 21. There are some which are called what is called a dimple plate method as an example of such a solder bump's formation method, and the method is shown in drawing 4 (a) and (b).

[0050]First, the solder powder and flux vehicle which contain 3.5wt% of Ag in Sn are mixed by the ratio of 9:1, and the soldering paste 25c is created.

[0051]Subsequently, as shown in drawing 4 (a), the crevice 52 of the transfer plate 51 is filled up with this soldering paste 25c. Then, as shown in drawing 4 (b), it heats so that it may become the temperature more than the melting point of solder, and the soldering paste 25c is fused, and the solder ball 25d is formed.

[0052]Contact the electrode of the semiconductor substrate 21 to this solder ball 25d, it is made to adhere to it, and the solder bump 25 is formed on an electrode. Flux is applied to the solder bump's 25 surface, in order to prepare the solder bump's 25 formed shape and to remove a surface oxide layer, in nitrogen, it heats, and it fuses to temperature with a melting point of not less than 280 °C of solder, and it is solidified. This state is shown in drawing 1 (c).

[0053]Then, a dicer etc. cut the semiconductor substrate 21 and it separates into the chip of the shape of a square whose plane shape is 13 mm per side.

[0054]Subsequently, after applying flux to the solder bump's 25 surface, on the electrode of the circuit board 26, alignment of solder Bengbu 25 is carried out, and it is contacted. The electrode of the circuit board 26 has the same structure as the electrode of the semiconductor substrate 21, and it comes to laminate Ti film 27 of an adhesion layer, Ni film 28 of a barrier layer, and Au membrane 29 of the upper layer for wettability from the bottom in order. As shown in drawing 2 (a), on the electrode of the circuit board 26, alignment of solder Bengbu 25 on the semiconductor substrate 21 is carried out, and it is contacted. The electrode of the circuit board 26 has the same structure as the electrode of the semiconductor substrate 21, and it comes to laminate Ti film 27 of an adhesion layer, Ni film 28 of a barrier layer, and Au membrane 29 of the upper layer for wettability from the bottom in order.

[0055]Next, as shown in drawing 2 (b), solder Bengbu 25 is heated to a temperature of

280 ** higher than melting temperature, melting of solder Bengbu 25 is carried out, and electrodes are joined with the solder 25a. At this time, the gap between the semiconductor substrate 21 surface and the circuit board 26 surface was about 60 micrometers.

Therefore, the content of Au contained in Handa is presumed to be about 3% from drawing 5.

[0056]At this time, Au is spread in the solder 25a from Au membrane 24a and 29 of the top layer of two electrodes, it combines with Sn, and the Au-Sn compound 31 distributed in the solder 25a is formed. nickel is spread in the solder 25a out of an electrode, and the Sn-nickel compound membrane 30a and 30b is formed between the solder 25a and Ni films 23a and 28. In this case, since the diffusion rate of nickel to the solder 25a which uses Sn as the main ingredients is slow, the Sn-nickel compound membrane 30a and 30b is formed right above an electrode.

[0057]Subsequently, the solder 25a is heated in nitrogen at a temperature of 125 ** lower than the melting point of the solder 25a. The Au-Sn compound 31 distributed in the solder 25a condenses near the Sn-nickel compound membrane 30a and 30b by this, and the Au-Sn compound membrane 31a and 31b is formed between the Sn-nickel compound membrane 30a and 30b and the solder 25b.

[0058]It is joined to the semiconductor substrate 21 and the circuit board 26 by this with the solder 25b in which the electrodes formed, respectively use Sn as the main ingredients, and the semiconductor device to which it electrically comes to connect between the semiconductor substrate 21 and the circuit board 26 is completed.

[0059]Next, the sample for an examination which has the same composition as the semiconductor device of the above except the thickness of Au membrane was created, it used using these, and the thermal cycling test was done.

[0060]Four kinds of semiconductor devices into which the thickness of Au membrane was changed as a test sample with 0 micrometer (with no Au membrane), 0.05, 0.5, and 1.0 micrometer were created. Other conditions are the same as a 1st embodiment.

[0061]The test condition of the thermal cycling test was repeated several times until the joining section etc. fractured by making -55 **->+125 **->-55 ** into one cycle. In this case, each temperature state in 1 cycle is held for 30 minutes.

[0062]The result is shown in Table 1.

[0063]

[Table 1]

熱サイクル試験結果

| 試 料 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|-----|------|-----|-----|
| Au膜厚 (μm) | 0 | 0.05 | 0.5 | 1.0 |
| サイクル寿命 (サイクル) | 200 | 200 | 400 | 500 |

注) 試験方法

-55℃ (30分) → +125℃ (30分) → -55℃ (30分)

を1サイクルとして抵抗増あるいは破断までのサイクルをカウントする。

[0064]According to Table 1, in Au membrane nothing and the case of 0.05 micrometer, it fractures in 200 cycle, and, in the case of 0.5 micrometer, fractures in 400 cycle, in the case of 1.0 micrometer, there is also no fracture up to about 500 cycles, and the good jointing condition was maintained.

[0065]As mentioned above, according to a 1st embodiment, the electrodes which fuse the solder bump 25 who uses Sn as the main ingredients, and have Ni films 23a and 28 and Au membrane 24a and 29 of the top layer at least are joined, The Au-Sn compound membrane 31a and 31b which furthermore heats and touches the solder 25b between Ni films 23a and 28 and the solder 25b is formed.

[0066]That is, the Au-Sn compound layers 31a and 31b which have the diffusion depressor effect of nickel can be formed between Ni films 23a and 28 which constitute an electrode widely, the Sn-nickel compound membrane 30a and 30b narrowly formed right above the electrode between the solder 25b on the occasion of joint formation, and the solder 25b. For this reason, diffusion of nickel to the inside of the solder 25b can be controlled, and reduction in an electrode area can be prevented.

[0067]It can decrease in the poor vamp chip of the joint formation by solder in process by this, a jointing condition even with after [good] joint formation can be maintained, and improvement in a heat-resistant fatigue life can be aimed at.

[0068]Although stress concentrates on the interface of the Au-Sn compound membrane 31a and 31b and the solder 25b, The part which the stress to the solder 25b concentrates can be shifted to the center section of the solder 25b by lengthening cooking time after joint formation, or increasing the quantity of Au in the solder 25a, and forming the thick Au-Sn compound membrane 31a and 31b. Thereby, the stress to the solder 25b can be distributed to both the substrates 21 and 26, and it can ease, and is effective in raising a life.

[0069]Since growth of the Au-Sn compound membrane 31a and 31b is promoted by heating of a thermal cycling test etc. and the thicker Au-Sn compound membrane 31a and 31b is formed, the effect which controls nickel diffusion into the solder 25b further is acquired.

The joining method by another solder which creates the semiconductor device of a 1st embodiment is explained referring to (a 2nd embodiment), next drawing 6.

[0070]A different place from a 1st embodiment is the point of making a proper quantity of Au(s) containing in the solder 44, without forming Au membrane in the top layer of an electrode.

[0071]First, Ti film 42 of 100 nm of thickness used as an adhesion layer is formed by a sputtering technique on the semiconductor substrate 41 in which the integrated circuit which consists of a transistor which is not illustrated, wiring, etc. was formed, and Ni film 43 of 4 micrometers of thickness which serves as a barrier layer on Ti film 42 with plating is formed.

[0072]Subsequently, Ni film 43 and Ti film 42 are patterned using the same mask, and an electrode with a diameter of 100 micrometers joined with solder as shown in drawing 6 (a) is formed.

[0073]next, Au -- 5wt% -- the solder powder and flux vehicle of Sn-3.5Ag which are included are mixed by 9:1, and soldering paste is created. Then, the solder bump 44 is formed on the electrode of the semiconductor substrate 21 with the dimple plate method shown in drawing 4 (a) and (b). Flux is applied to the solder bump's 44 surface, in order

to prepare the solder bump's 44 formed shape and to remove a surface oxide layer, in nitrogen, it heats, and it fuses to temperature with a melting point of not less than 280 °C of solder, and it is solidified.

[0074]Subsequently, after applying flux to the solder bump's 44 surface, on the electrode of the circuit board 45, alignment of solder Bump 44 of the semiconductor substrate 41 is carried out, and it is contacted. The electrode of the circuit board 45 as well as the electrode of the semiconductor substrate 41 comprises Ti film 46 and Ni film 47 on it.

[0075]Next, solder Bump 44 is heated at a temperature of 280 °C higher than melting temperature in nitrogen, melting of solder Bump 44 is carried out, and electrodes are joined with solder. Although not shown in a figure at this time, Au in solder Bump 44 combines with Sn, and the Au-Sn compound distributed in Handa is formed. As shown in drawing 6 (b), the Sn-nickel compound membrane 48a and 48b which intervenes between solder and Ni films 43 and 47 is formed.

[0076]subsequently -- heating solder at a temperature of 125 °C lower than the melting point of solder, as shown in drawing 6 (b) -- predetermined time maintenance -- it carries out. The Au-Sn compound distributed in Handa condenses near the Sn-nickel compound membrane 48a and 48b by this, and the Au-Sn compound layers 49a and 49b are formed between the Sn-nickel compound membrane 48a and 48b and the solder 44a.

[0077]It is joined with the solder 44a in which the electrodes formed in the semiconductor substrate 41 and the circuit board 45 as mentioned above, respectively use Sn as the main ingredients, and the semiconductor device to which it electrically comes to connect between the semiconductor substrate 41 and the circuit board 45 is completed.

[0078]As a result of doing a thermal cycling test up to 500 cycles on the conditions same about this semiconductor device as a 1st embodiment, there is also no fracture and the good jointing condition was held.

[0079]As mentioned above, according to a 2nd embodiment, Au is made to contain in the solder 44 which does not form Au membrane in the top layer of an electrode, but uses Sn as the main ingredients, the solder 44a is fused, and electrodes are joined and heated.

[0080]Since the Au-Sn compound membrane 49a and 49b can be formed by this between the Sn-nickel compound membrane 48a and 48b and the solder 44a which were generated right above the electrode between Ni films 43 and 47 in an electrode, and solder on the occasion of joint formation, Diffusion of nickel to the inside of the solder 44a can be controlled, and reduction in an electrode area can be prevented.

[0081]By this, it can decrease in the poor bump chip of soldered joint formation in process, a jointing condition even with after [good] joint formation can be maintained, and improvement in a heat-resistant fatigue life can be aimed at. Although the above-mentioned embodiment has explained the concrete gestalt of the invention in this application, it is not restricted to the above-mentioned embodiment and various modifications about [which is drawn from the above-mentioned embodiment] a design variation are included in the technical scope of the invention in this application.

[0082]For example, although content of Au in the solder 25a after fusing the solder bump 25 and joining electrodes is made into about 3 wt(s)% in a 1st embodiment, Although not the thing restricted to this but the thickness of Au membrane 24a and the height (gap) of the solder 25b may be adjusted and the content of Au in the solder 25a may be adjusted arbitrarily, the range more than 0.1wt% and not more than 20wt% is especially preferred.

[0083]Although content of Au in the solder 44 when electrodes are joined with the

quantity of Au in the solder 44, i.e., solder, is made into 5wt% in a 2nd embodiment, similarly the content of Au in the solder 44 can be chosen arbitrarily. The range more than 0.1wt% and not more than 20wt% is especially preferred.

[0084]Although a 2nd embodiment shows the case where Au membrane is not formed in the top layer of an electrode, it can apply, also when the thickness of Au membrane is thin. Also in this case, although Au membrane thickness, a gap dimension, heating conditions, etc. of deciding the content of Au in original Handa and the quantity of Au diffused in Handa from an electrode at the time of solder melting can be adjusted and the content of Au in Handa when junction to solder and an electrode metal is formed can be adjusted arbitrarily, Similarly the range more than 0.1wt% and not more than 20wt% is preferred.

[0085]moreover -- although the solder bumps 25 and 44 are formed only in the semiconductor substrate 21 and 41 side in 1st and 2nd embodiments -- the semiconductor substrate 21 and 41 side and the circuit board -- it may form in both 26 and 45 side.

[0086]In 1st and 2nd embodiments, although what added Ag is used for Sn, what added any at least one of Bi, Cu, In, nickel, Sb, or Zn to Sn may be sufficient as solder.

[0087]In 1st and 2nd embodiments, when nickel is used as a material of the barrier layer of an electrode, this invention is applied, but this invention can be applied also when the alloy containing nickel is used.

[0088]

[Effect of the Invention]The electrodes which have an alloy film which according to this invention fuses the solder which uses Sn as the main ingredients, and contains a Ni film or nickel at least, and the Au membrane of the top layer are joined, and the Au-Sn compound layer which touches solder is formed between the alloy film and solder which heat further and contain a Ni film or nickel.

[0089]Or when not using Au membrane for the top layer of an electrode, or when the thickness of Au membrane is thin, it is characterized by using the solder which uses Sn containing Au as the main ingredients.

[0090]Therefore, since the Au-Sn compound layer which has the diffusion inhibition effect of nickel is formed between Sn-Ni compounds and the solder which are formed right above an electrode between the Ni film in an electrode, etc. and solder in the case of joint formation, diffusion of nickel to the inside of Handa can be controlled, and reduction in an electrode area can be prevented.

[0091]By this, it can decrease in the poor vamp chip of soldered joint formation in process, a jointing condition even with after [good] joint formation can be maintained, and improvement in a heat-resistant fatigue life can be aimed at.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a sectional view (the 1) showing the joining method by the solder concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2]It is a sectional view (the 2) showing the joining method by the solder concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 3]It is a sectional view (the 3) showing the joining method by the solder concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 4]It is a sectional view showing the formation method of solder Bengbu concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 5] It is a graph which shows the correlation of the content of the thickness of the Au membrane in the formation method of solder Bengbu concerning a 1st embodiment of this invention, and Au in Handa.

[Drawing 6] It is a sectional view showing the joining method by the solder concerning a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 7] It is a sectional view showing the joining method by the solder concerning a conventional example.

[Description of Notations]

21 and 41 Semiconductor substrate (the 1st substrate)

23, 23a, 28, 43, 47 Ni films

24, 24a, 29 Au membrane

30a, 30b, 48a, 48 b Sn-nickel compound membrane

25 Solder bump

25a and 44a Solder

26 and 45 Circuit board (the 2nd substrate)

31 Au-Sn compound

31a, 31b, 49a, 49 b Au-Sn compound membrane

44 The solder bump containing Au

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-150574

(P2000-150574A)

(43) 公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

| | | | |
|---------------------------|-------|---------------|-------------------|
| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | ターコード* (参考) |
| H 0 1 L 21/60 | 3 1 1 | H 0 1 L 21/60 | 3 1 1 S 5 F 0 4 4 |
| | | | 3 1 1 Q |
| | | 21/92 | 6 0 2 H |

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-323197

(22) 出願日 平成10年11月13日 (1998.11.13)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 赤松 俊也

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100091672

弁理士 岡本 啓三

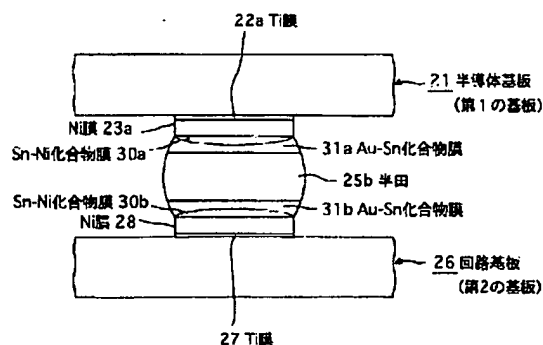
Fターム(参考) 5F044 KK04 LL04 QQ03 QQ04 QQ05

(54) 【発明の名称】 半導体装置及び半田による接合方法

(57) 【要約】

【課題】 電極への半田の濡れ性を確保するとともに、バリア層のNi等の半田中への拡散を抑制して半田接合の機械的強度を向上させる。

【解決手段】 第1の基板21と第2の基板26にそれぞれ形成された少なくともNi膜又はNi合金膜23a、28を有する電極同士がSnを主成分とする半田25bにより接合されてなる半導体装置において、Ni膜又はNi合金膜23a、28と半田25bとの間に半田25bと接するようにAu-Sn化合物膜31a、31bが介在している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の基板と第2の基板にそれぞれ形成された少なくともNi膜又はNi合金膜を有する電極同士がSnを主成分とする半田により接合されてなる半導体装置において、

前記Ni膜又はNi合金膜と前記半田との間に前記半田と接するようにAu-Sn化合物膜が介在していることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 前記Ni膜又はNi合金膜と前記Au-Sn化合物膜の間にSn-Ni化合物膜が介在していることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】 第1の基板上に少なくともNi膜又はNi合金膜と最上部のAu膜とを有する多層の電極を形成する工程と、

第2の基板上に少なくともNi膜又はNi合金膜と最上部のAu膜とを有する多層の電極を形成する工程と、

前記第1の基板又は前記第2の基板のうち少なくともいずれかの前記電極のAu膜上にSnを主成分とする半田によりバンパを形成する工程と、

前記第1の基板又は前記第2の基板とを前記電極形成面が向かい合うように対向させ、前記電極と前記バンパ又は前記バンパ同士を相互に接触させる工程と、

前記バンパを加熱し、溶融させて、前記Auを前記半田中に含ませるとともに、前記電極同士を前記半田により接合させる工程と、

さらに加熱して、前記Ni膜又はNi合金膜と前記半田との間に前記半田と接するAu-Sn化合物膜を形成することを特徴とする半田による接合方法。

【請求項4】 第1の基板上に少なくともNi膜又はNi合金膜を有する電極を形成する工程と、

第2の基板上に少なくともNi膜又はNi合金膜を有する電極を形成する工程と、

前記第1の基板又は前記第2の基板のうち少なくともいずれかの前記電極の上にSnを主成分とし、Auを含む半田によりバンパを形成する工程と、

前記第1の基板又は前記第2の基板とを前記電極形成面が向かい合うように対向させ、前記電極と前記バンパ又は前記バンパ同士を相互に接触させる工程と、

前記バンパを加熱し、溶融させて前記電極同士を前記半田により接合させる工程と、

さらに加熱して、前記Ni膜又はNi合金膜と前記半田との間に前記半田と接するAu-Sn化合物膜を形成することを特徴とする半田による接合方法。

【請求項5】 前記Au-Sn化合物膜を形成する加熱温度は、前記半田の溶融温度よりも低いことを特徴とする請求項3又は4に記載の半田による接合方法。

【請求項6】 前記Ni膜又はNi合金膜と前記Au-Sn化合物膜の間にSn-Ni化合物膜が形成されることを特徴とする請求項4乃至5のいずれかに記載の半田による接合方法。

【発明の詳細な説明】

本発明は、半導体装置及び半田による接合方法に関し、より詳しくは、Snを主成分とする半田のバンパを用いて電子部品と回路基板とを接続する半導体装置及び半田による接合方法に関する。

【0001】

【従来の技術】電子機器部品は半田によって接合される部分が大多数である。接合に用いられる半田では、一般の電子部品ではSn-Pb共晶半田（溶融温度183℃）が広く用いられている。

【0002】一方、接合に用いられる半田では、Pbに5%のSnが添加された溶融温度314℃の半田（以下、Pb-5Snと称し、類似の表示はこれと同じような内容を表す。）が知られている。LSIや回路基板上の配線は一般的にAlが用いられており、このような半田を用いてAl配線との接合を行おうとすると、半田が弾かれてAl配線の上に直接半田付けすることはできない。このため、Al配線との密着性を高めるための密着層と、半田が拡散しないためのバリア層と、半田に濡れやすい金属からなる濡れ性向上層とが積層された電極を形成し、このような構成の電極上に半田付けを行って他の電極との接合を形成している。この場合、高い接合強度を得るための電極材料及び電極の積層構造を必要とする。

【0003】現状のSn-Pb系半田では密着層にTi、Crを用い、バリア層にCu、Niを用い、濡れ性向上層にAu、Ag、Pd等を用いている。

【0004】また、現在LSIの実装方法として主流となっているフリップチップ実装では、半田バンパをLSIチップの活性領域にアレイ状に配置するため、半田材料中のPbから発生するα線によりソフトエラーが起こるという問題がある。特に、素子の微細化、低電圧化が進行するにしたがってソフトエラーが増大し、問題となっている。

【0005】また、環境問題の点からもPbを含まない半田材料が要求され、Snを主成分とする半田の開発が盛んに行われている。

【0006】しかしながら、Snを主成分とする半田によりバンパ接合する際に、Pb-5Sn半田と比較してSn成分が多いため、Pb-5Sn半田で使用する電極構成では、バンパ形成工程中で、電極上に形成した半田バンパを融点以上に加熱して溶融させたときに、バリア層の役割をするNiが半田中に拡散してNi膜の膜厚が減少し、半田がNi膜の下地の金属膜と接触するようになる。このとき、半田が下地の金属膜に弾かれて、半田バンパの欠落や接合強度の低下等の接合不良が多く発生することが分かった。

【0007】また、Ni膜やCu膜の膜厚を厚くして上記不具合を防止しようとした場合、Snを主成分とする半田中へのNi等の拡散は速く、バンパ形成工程中で半

田中に多量のNi等が拡散し、Snと金属間化合物を形成する。このため、半田の機械的強度が低下し、接合部の信頼性を著しく低下させることが分かった。

【0008】また、熱サイクル試験等の熱負荷によって、バリア層のNi等が半田中に拡散して電極面積を減少させ、信頼性を低下させることも分かった。

【0009】さらに、一般の電子機器の電極表面層には、酸化防止膜としてAuが多く用いられている。AuはSnを主成分とする半田、例えばPb-63Sn半田中に拡散しやすいため、Auの膜厚が厚いと半田中に溶け込むAuの量が多くなり、Au-Sn金属間化合物によって半田の機械的強度が低下し、寿命が短くなる。

【0010】そこで、特開平3-66492号公報ではSn-Ag系半田を用いて接合を形成する方法が開示されており、Auが半田中に拡散して反応しても、Agの作用によりAu-Sn金属間化合物を半田中に分散させて機械的強度が低下しないようにしている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、Sn-Ag系半田を用いた場合、フリップチップ実装などのようにLSIチップの電極と回路基板の電極の間のギャップが100μm以下になると、半田部分が少なくなると半田の応力緩和効果が小さくなり、電極部分にかかる応力が大きくなる。しかも、バリア層の金属の拡散によって半田が喰われ、半田と電極との接続面積が減少してくるとその影響はますます大きくなる。このため、半田接合が剥がれやすくなり、信頼性が低下する。

【0012】また、濡れ性向上層のAu膜は酸化防止効果と半田中への拡散量との兼ね合いを考慮し、さらに最低限濡れ性を確保できるような膜厚でよい。この場合、半田付け時の濡れ性不良がでないように、半田付け時間を長くして半田付け温度も従来よりも高温で行うようにしている。このため、Snを主成分とする半田を使用し、Ni膜やNi合金膜をバリア層とする場合には、バリア層のNiが半田中に多量に拡散し、このため半田接合の機械的強度を弱め、信頼性を低下させている。

【0013】本発明は、上記の従来例の問題点に鑑みて創作されたものであり、電極への半田の濡れ性を確保するとともに、バリア層のNi等の半田中への拡散を抑制して半田接合の機械的強度を向上させることができる半導体装置及び半田による接合方法を提供するものである。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1の発明は半導体装置に係り、第1の基板と第2の基板にそれぞれ形成された少なくともNi膜又はNi合金膜を有する電極同士がSnを主成分とする半田により接合されてなる半導体装置において、前記Ni膜又はNi合金膜と前記半田との間に前記半田と接するよ

うにAu-Sn化合物層が介在していることを特徴としている。

【0015】請求項2に係る発明は請求項1記載の半導体装置に係り、前記半田中のSnの含有量が80wt%以上であることを特徴としている。

【0016】請求項3に係る発明は請求項1又は2に記載の半導体装置に係り、前記Ni膜又はNi合金膜と前記Au-Sn化合物膜の間にSn-Ni化合物膜が介在していることを特徴としている。

【0017】請求項4に係る発明は半田による接合方法に係り、第1の基板上に少なくともNi膜又はNi合金膜と最上部のAu膜とを有する多層の電極を形成する工程と、第2の基板上に少なくともNi膜又はNi合金膜と最上部のAu膜とを有する多層の電極を形成する工程と、前記第1の基板又は前記第2の基板のうち少なくともいずれかの前記電極のAu膜上にSnを主成分とする半田によりバンプを形成する工程と、前記第1の基板又は前記第2の基板とを前記電極形成面が向かい合うように対向させ、前記電極と前記バンプ又は前記バンプ同士を相互に接触させる工程と、前記バンプを加熱し、熔融させて、前記Auを前記半田中に含ませるとともに、前記電極同士を前記半田により接合させる工程と、さらに加熱して、前記Ni膜又はNi合金膜と前記半田との間に前記半田と接するAu-Sn化合物層を形成することを特徴としている。

【0018】請求項5に係る発明は半田による接合方法に係り、第1の基板上に少なくともNi膜又はNi合金膜を有する電極を形成する工程と、第2の基板上に少なくともNi膜又はNi合金膜を有する電極を形成する工程と、前記第1の基板又は前記第2の基板のうち少なくともいずれか一の前記電極の上にSnを主成分とし、Auを含有する半田によりバンプを形成する工程と、前記第1の基板又は前記第2の基板とを前記電極形成面が向かい合うように対向させ、前記電極と前記バンプ又は前記バンプ同士を相互に接触させる工程と、前記バンプを加熱し、熔融させて前記電極同士を前記半田により接合させる工程と、さらに加熱して、前記Ni膜又はNi合金膜と前記半田との間に前記半田と接するAu-Sn化合物層を形成することを特徴としている。

【0019】請求項6の発明は請求項4又は5に記載の半田による接合方法に係り、前記半田中のSnの含有量が80wt%以上であることを特徴としている。

【0020】請求項7の発明は請求項4乃至6のいずれか一に記載の半田による接合方法に係り、前記電極同士を前記半田により接合したときの前記半田中のAuの含有量が0.1wt%以上、20wt%以下であることを特徴としている。

【0021】請求項8の発明は請求項4乃至7のいずれか一に記載の半田による接合方法に係り、前記半田は、前記Snのほかに、Ag、Bi、Cu、In、N

i, Sb, 又はZnのうち少なくともいずれか一つを含むことを特徴としている。

【0022】請求項9の発明は請求項4乃至8うちのいずれかに記載の半田による接合方法に係り、前記Au-Sn化合物層を形成する加熱温度は、前記半田の熔融温度よりも低いことを特徴とすることを特徴としている。

【0023】請求項10の発明は請求項4乃至9うちのいずれかに記載の半田による接合方法に係り、前記Ni膜又はNi合金膜と前記Au-Sn化合物膜の間にSn-Ni化合物膜が形成されることを特徴としている。

【0024】ところで、Ni膜又はNiを含む合金膜とAu膜とを有する電極同士をSnを主成分とする半田で接合した場合、本願発明者によって以下のことが見いだされた。

【0025】即ち、電極の表面層の構成材料であるAuが半田中に拡散してAu-Sn化合物が形成され、半田中に分散する。一方、同じく電極の構成材料であるNiはAuと比較してSn含有半田中への拡散速度が遅いため、ほとんどは電極の直上でSn-Ni化合物を形成する。更に、分散したAu-Sn化合物は半田の融点以下の加熱によってSn-Ni化合物の周りに凝集する。また、Sn-Ni化合物の周りに凝集して形成されたAu-Sn化合物層はSnを主成分とする半田中へのNiの拡散を抑制する効果がある。

【0026】本発明の半導体装置は、第1の基板と第2の基板にそれぞれ形成された少なくともNi膜又はNi合金膜を有する電極同士がSnを主成分とする半田により接合され、Ni膜又はNi合金膜と半田との間に半田と接するようにAu-Sn化合物層を介在させている。

【0027】即ち、Ni膜又はNi合金膜と半田との間に介在するAu-Sn化合物層がNiの拡散を抑制する機能を有するため、Sn系半田中へのNiの拡散を抑制することができる。

【0028】また、本発明の半田接合の形成方法においては、Snを主成分とする半田を溶融して少なくともNi膜又はNiをふくむ合金膜と最上層のAu膜とを有する電極同士を接合し、さらに加熱してNi膜又はNiをふくむ合金膜と半田との間に半田と接するAu-Sn化合物層を形成している。

【0029】又は、電極の最上層にAu膜を用いない場合、或いはAu膜の膜厚が薄い場合には、Auを含有させたSnを主成分とする半田を用いている。

【0030】これらの場合いずれも、半田による接合を形成した後の半田中に含まれるAuの量が0.1wt%~20wt%程度になるように膜厚調整や含有量の調整を行うようにすることが好ましい。

【0031】これにより、半田による接合を形成した後電極中のNi膜等と半田の間、更には接合形成の際に電極の直上に形成されたSn-Ni化合物と半田との間に

Au-Sn化合物層を形成することができる。

【0032】即ち、Snを主成分とする半田への拡散速度の遅いNiを電極の構成材料として用いた場合、接合形成の際に電極の直上にSn-Ni化合物層が形成されるとともに、半田中にAu-Sn化合物が生成して分散する。そして、接合形成後半田の融点より低い温度でさらに加熱することにより、半田中に分散するAu-Sn化合物をSn-Ni化合物層の周辺に凝集させることができる。

【0033】このようにして、電極中のNi膜等と半田の間、更にはSn-Ni化合物層と半田の間にNiの拡散を抑制しうるAu-Sn化合物層を介在させることができるので、半田中へのNiの拡散を抑制し、電極面積の減少を防止することができる。

【0034】これによって、半田接合形成の工程中のバンプ欠け不良を減少でき、接合形成後も良好な接合状態を維持し、耐熱疲労寿命の向上を図ることができる。

【0035】また、Au-Sn化合物層と半田の界面に応力が集中するが、接合形成後の加熱時間を長くし、或いは半田中のAuの量を増やして厚いAu-Sn化合物層を形成することによって、半田接合への応力が集中する箇所を半田接合の中央部へとシフトさせることができる。このため、半田接合への応力を両基板に分散して緩和することができ、寿命を向上させる効果がある。

【0036】さらに、熱サイクル試験等の加熱によりAu-Sn化合物層の成長が促進されて厚いAu-Sn化合物層が形成されるため、半田中へのNi拡散をさらに抑制する効果が得られる。

【0037】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0038】(第1の実施の形態)図1~図3は、本発明の第1の実施の形態に係る半田による接合方法及びその方法により作成された半導体装置について示す断面図である。

【0039】それらの図のうち、図3は本発明の第1の実施の形態に係る半田による接合方法により作成された半導体装置について示す断面図である。

【0040】その半導体装置は、図3に示すように、窒化アルミニウム基板(AIN基板)或いはアルミナ基板上に図示しない接続電極や回路配線が形成された回路基板26と、図示しないトランジスタや配線や接続電極等からなる集積回路が形成された半導体基板21とが相互の接続電極等の形成面が対向するように積層され、それぞれの接続電極が半田25bで接合されている構成を有する。

【0041】この場合、半田25bの材料として錫(Sn)中に銀(Ag)が3.5wt%含有されたものが用いられている。

【0042】また、接合用の半田25bは半導体基板2

1上のNi膜23aを有する電極と回路基板26上のNi膜28を有する電極の間に形成され、さらに、各Ni膜23a及び28と半田25bとの間にそれぞれ少なくとも半田25bと接するようにAu-Sn化合物膜31a、31bが形成されている構成を有している。

【0043】また、上記半導体装置を製造する場合、半田バンプを溶融して接合用の半田25bを形成する関係上、実際には、電極の直上にSn-Ni化合物膜30a、30bが形成されるため、広くはNi膜23a、28と接合用の半田25bとの間、狭くはSn-Ni化合物膜30a、30bと接合用の半田25bとの間にAu-Sn化合物膜31a、31bが介在することになる。

【0044】さらに、Ni膜23aと半導体基板21の間、Ni電極28と回路基板26との間にはそれぞれ密着層としてTi膜22a、27が介在している。

【0045】次に、図1～図3を参照しながら上記半導体装置を作成する方法について説明する。

【0046】まず、図1(a)に示すように、トランジスタや配線等からなる集積回路が形成された半導体基板21上に密着層となる膜厚100nmのTi膜22をスパッタ法により形成し、メッキ法によりTi膜22上にバリア層となる膜厚2μmのNi膜23を形成し、その上に同じくメッキ法により濡れ性向上層となる膜厚700nmのAu膜24を形成する。

【0047】このとき、図5に示すように、Au膜24の膜厚は半田溶融時に半田中に含まれるようになるAuの含有量に影響を及ぼすため、注意を要する。なお、図5は半導体基板21と回路基板26間のギャップをパラメータとして半田溶融時の半田中のAu含有量について調査した結果を示すグラフであり、縦軸は線形目盛りで表した半田中のAu含有量(wt%)を示し、横軸は線形目盛りで表した電極最上層のAu膜厚(μm)を示す。

【0048】次いで、図1(b)に示すように、同じマスクを用いてAu膜24とNi膜23とTi膜22とをパターンニングして、半田により接合されるべき直径100μmの電極を形成する。これにより、半導体基板21側から密着層のTi膜22aとバリア層のNi膜23aと濡れ性向上層のAu膜24aからなる多層の電極が形成される。

【0049】次に、図1(c)に示すように、半田バンプ25を半導体基板21の電極上に形成する。このような半田バンプの形成方法の一例として所謂ディンプルプレート法と称されるものがあり、その方法を図4(a)、(b)に示す。

【0050】まず、Sn中に3.5wt%のAgを含む半田粉末とフラックスビヒクルとを9:1の比率で混合し、半田ペースト25cを作成する。

【0051】次いで、図4(a)に示すように、この半田ペースト25cを転写板51の凹部52に充填する。

続いて、図4(b)に示すように、半田の融点以上の温度になるように加熱して半田ペースト25cを溶融し、半田ボール25dを形成する。

【0052】この半田ボール25dに半導体基板21の電極を接触させて付着させ、電極上に半田バンプ25を形成する。形成された半田バンプ25の形状を整え、表面の酸化被膜を除去するため、半田バンプ25の表面にフラックスを塗布し、窒素中で半田の融点280℃以上の温度に加熱して溶融し、凝固させる。この状態を図1(c)に示す。

【0053】続いて、ダイサー等により半導体基板21を切断して平面形状が一辺13mmの正方形のチップに分離する。

【0054】次いで、半田バンプ25の表面にフラックスを塗布したのち、回路基板26の電極の上に半田バンプ25を位置合わせし、接触させる。回路基板26の電極は半導体基板21の電極と同じ構造を有し、下から密着層のTi膜27とバリア層のNi膜28と濡れ性向上層のAu膜29とが順に積層されてなる。図2(a)に示すように、回路基板26の電極の上に半導体基板21上の半田バンプ25を位置合わせし、接触させる。回路基板26の電極は半導体基板21の電極と同じ構造を有し、下から密着層のTi膜27とバリア層のNi膜28と濡れ性向上層のAu膜29とが順に積層されてなる。

【0055】次に、図2(b)に示すように、半田バンプ25を溶融温度よりも高い温度280℃に加熱して半田バンプ25を溶融させ、電極同士を半田25aにより接合する。このとき、半導体基板21表面と回路基板26表面との間のギャップは約60μmであった。従って、図5より、半田中に含まれるAuの含有量は凡そ3%と推定される。

【0056】このとき、両電極の最上層のAu膜24a、29からAuが半田25a中に拡散してSnと結合し、半田25a中に分散するAu-Sn化合物31が形成される。また、電極中からNiが半田25a中に拡散して半田25aとNi膜23a、28との間にSn-Ni化合物膜30a、30bが形成される。この場合、NiはSnを主成分とする半田25aへの拡散速度が遅いため、Sn-Ni化合物膜30a、30bは電極の直上に形成される。

【0057】次いで、半田25aを窒素中で半田25aの融点よりも低い温度125℃で加熱する。これにより、半田25a中に分散するAu-Sn化合物31がSn-Ni化合物膜30a、30bの近くに凝集してSn-Ni化合物膜30a、30bと半田25bとの間にAu-Sn化合物膜31a、31bが形成される。

【0058】これにより、半導体基板21と回路基板26にそれぞれ形成された電極同士がSnを主成分とする半田25bにより接合されて半導体基板21と回路基板26間が電気的に接続されてなる半導体装置が完成す

る。

【0059】次に、Au膜の膜厚以外上記の半導体装置と同じ構成を有する試験用試料を作成し、これらを用いて熱サイクル試験を行った。

【0060】試験試料としてAu膜の膜厚を0 μ m (Au膜無し)、0.05、0.5、1.0 μ mと変えた4種類の半導体装置を作成した。他の条件は第1の実施の形態と同じである。

【0061】熱サイクル試験の試験条件は、-55℃ \rightarrow +125℃ \rightarrow -55℃を一サイクルとして接合部分等が破断するまで何回か繰り返した。この場合、一サイクル中の各温度状態は30分間保持される。

【0062】その結果を表1に示す。

【0063】

【表1】

熱サイクル試験結果

| 試料 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|-----|------|-----|-----|
| Au膜厚 (μ m) | 0 | 0.05 | 0.5 | 1.0 |
| サイクル寿命 (サイクル) | 200 | 200 | 400 | 500 |

注) 試験方法

-55℃ (30分) \rightarrow +125℃ (30分) \rightarrow -55℃ (30分)
を1サイクルとして抵抗増あるいは破断までのサイクルをカウントする。

【0064】表1によれば、Au膜無し、及び0.05 μ mの場合200サイクルで破断し、0.5 μ mの場合400サイクルで破断し、1.0 μ mの場合凡そ500サイクルまで破断もなく良好な接合状態が維持された。

【0065】以上のように、第1の実施の形態によれば、Snを主成分とする半田バンプ25を溶解して少なくともNi膜23a、28と最上層のAu膜24a、29とを有する電極同士を接合し、さらに加熱してNi膜23a、28と半田25bとの間に半田25bと接するAu-Sn化合物膜31a、31bを形成している。

【0066】即ち、広くは電極を構成するNi膜23a、28と半田25bの間、狭くは接合形成の際に電極の直上に形成されたSn-Ni化合物膜30a、30bと半田25bとの間にNiの拡散抑制効果を有するAu-Sn化合物層31a、31bを形成することができる。このため、半田25b中へのNiの拡散を抑制し、電極面積の減少を防止することができる。

【0067】これにより、半田による接合形成の工程中のバンプ欠け不良を減少でき、接合形成後も良好な接合状態を維持し、耐熱疲労寿命の向上を図ることができる。

【0068】なお、Au-Sn化合物膜31a、31bと半田25bの界面に応力が集中するが、接合形成後の

加熱時間を長くし、或いは半田25a中のAuの量を増やして厚いAu-Sn化合物膜31a、31bを形成することによって、半田25bへの応力が集中する箇所を半田25bの中央部へとシフトさせることができる。これにより、半田25bへの応力を両基板21、26に分散して緩和することができ、寿命を向上させる効果がある。

【0069】また、熱サイクル試験等の加熱によりAu-Sn化合物膜31a、31bの成長が促進されてより厚いAu-Sn化合物膜31a、31bが形成されるため、半田25b中へのNi拡散をさらに抑制する効果が得られる。

(第2の実施の形態) 次に、図6を参照しながら第1の実施の形態の半導体装置を作成する別の半田による接合方法について説明する。

【0070】第1の実施の形態と異なるところは、電極の最上層にAu膜を形成せずに、半田44中にAuを適量含有させている点である。

【0071】まず、図示しないトランジスタや配線等からなる集積回路が形成された半導体基板41上に密着層となる膜厚100nmのTi膜42をスパッタ法により形成し、メッキ法によりTi膜42上にバリア層となる膜厚4 μ mのNi膜43を形成する。

【0072】次いで、同じマスクを用いてNi膜43とTi膜42とをバターニングして、図6(a)に示すような、半田により接合される直径100 μ mの電極を形成する。

【0073】次に、Auを5wt%含むSn-3.5Agの半田粉末とフラックスビヒクルとを9:1で混合して、半田ペーストを作成する。続いて、図4(a)、(b)に示すディンプルプレート法により、半田バンプ44を半導体基板21の電極上に形成する。形成された半田バンプ44の形状を整え、表面の酸化被膜を除去するため、半田バンプ44の表面にフラックスを塗布し、窒素中で半田の融点280℃以上の温度に加熱して溶解し、凝固させる。

【0074】次いで、半田バンプ44の表面にフラックスを塗布した後、回路基板45の電極の上に半導体基板41の半田バンプ44を位置合わせし、接触させる。なお、回路基板45の電極も半導体基板41の電極と同じくTi膜46とその上のNi膜47とから構成されている。

【0075】次に、半田バンプ44を窒素中で溶解温度よりも高い温度280℃で加熱して半田バンプ44を溶解させ、半田により電極同士を接合する。このとき、図に示していないが、半田バンプ44中のAuがSnと結合し、半田中に分散するAu-Sn化合物が形成される。また、図6(b)に示すように、半田とNi膜43、47との間に介在するSn-Ni化合物膜48a、48bが形成される。

【0076】次いで、図6(b)に示すように、半田の融点よりも低い温度125℃で半田を加熱し、所定の時間保持する。これにより、半田中に分散するAu-Sn化合物がSn-Ni化合物膜48a、48bの近くに凝集してSn-Ni化合物膜48a、48bと半田44aとの間にAu-Sn化合物層49a、49bが形成される。

【0077】以上のようにして、半導体基板41と回路基板45にそれぞれ形成された電極同士がSnを主成分とする半田44aにより接合されて半導体基板41と回路基板45間が電氣的に接続されてなる半導体装置が完成する。

【0078】この半導体装置について第1の実施の形態と同じ条件で熱サイクル試験を500サイクルまで行った結果、破断もなく良好な接合状態が保持されていた。

【0079】以上のように、第2の実施の形態によれば、電極の最上層にAu膜を形成せずSnを主成分とする半田44中にAuを含有させて、半田44aを溶融して電極同士を接合し、加熱している。

【0080】これにより、電極中のNi膜43、47と半田の間、更には接合形成の際に電極の直上に生成したSn-Ni化合物膜48a、48bと半田44aとの間にAu-Sn化合物膜49a、49bを形成することができるので、半田44a中へのNiの拡散を抑制し、電極面積の減少を防止することができる。

【0081】これによって、半田接合形成の工程中のバンプ欠け不良を減少でき、接合形成後も良好な接合状態を維持し、耐熱疲労寿命の向上を図ることができる。なお、上記実施の形態により本願発明の具体的な形態について説明してきたが、上記実施の形態に限られるものではなく、上記実施の形態から導かれる設計変更程度の種々の変形例は本願発明の技術的範囲に含まれる。

【0082】例えば、第1の実施の形態では、半田バンプ25を溶融して電極同士を接合した後の半田25a中のAuの含有量を凡そ3wt%としているが、これに限られるものではなく、Au膜24aの膜厚や半田25bの高さ(ギャップ)を調整して半田25a中のAuの含有量を任意に調整してよいが、特に0.1wt%以上、20wt%以下の範囲が好ましい。

【0083】また、第2の実施の形態では、半田44中のAuの量、即ち半田により電極同士を接合したときの半田44中のAuの含有量を5wt%としているが、同じく半田44中のAuの含有量を任意に選択できる。特に0.1wt%以上、20wt%以下の範囲が好ましい。

【0084】さらに、第2の実施の形態では、電極の最上層にAu膜を形成しない場合について示しているが、Au膜の膜厚が薄い場合にも適用できる。この場合にも、当初の半田中のAuの含有量と半田溶融時に電極から半田中に拡散するAuの量を定める、Au膜厚、ギャ

ップ寸法、加熱条件等を調整して、半田と電極金属との接合を形成したときの半田中のAuの含有量を任意に調整することができるが、同じく0.1wt%以上、20wt%以下の範囲が好ましい。

【0085】また、第1及び第2の実施の形態では、半田バンプ25、44を半導体基板21、41側のみ形成しているが、半導体基板21、41側と回路基板26、45側両方に形成してもよい。

【0086】さらに、第1及び第2の実施の形態では、半田はSnにAgを添加したものが用いられているが、Snに、Bi、Cu、In、Ni、Sb、又はZnのうち少なくともいずれか一つを添加したのもでもよい。

【0087】また、第1及び第2の実施の形態では、電極のバリア層の材料としてNiを用いた場合に本発明を適用しているが、Niを含む合金を用いた場合にも本発明を適用できる。

【0088】

【発明の効果】本発明によれば、Snを主成分とする半田を溶融して少なくともNi膜又はNiをふくむ合金膜と最上層のAu膜とを有する電極同士を接合し、さらに加熱してNi膜又はNiをふくむ合金膜と半田との間に半田と接するAu-Sn化合物層を形成している。

【0089】又は、電極の最上層にAu膜を用いない場合、或いはAu膜の膜厚が薄い場合には、Auを含有したSnを主成分とする半田を用いることを特徴としている。

【0090】従って、電極中のNi膜等と半田の間、或いは接合形成の際に電極の直上に形成されるSn-Ni化合物と半田との間にNiの拡散阻止効果を有するAu-Sn化合物層が形成されるので、半田中へのNiの拡散を抑制し、電極面積の減少を防止することができる。

【0091】これによって、半田接合形成の工程中のバンプ欠け不良を減少でき、接合形成後も良好な接合状態を維持し、耐熱疲労寿命の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る半田による接合方法について示す断面図(その1)である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る半田による接合方法について示す断面図(その2)である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る半田による接合方法について示す断面図(その3)である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る半田バンプの形成方法について示す断面図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態に係る半田バンプの形成方法におけるAu膜の膜厚と半田中のAuの含有量の相関関係について示すグラフである。

【図6】本発明の第2の実施の形態に係る半田による接合方法について示す断面図である。

【図7】従来例に係る半田による接合方法について示す断面図である。

【符号の説明】

21, 41 半導体基板 (第1の基板)

23, 23a, 28, 43, 47 Ni膜

24, 24a, 29 Au膜

30a, 30b, 48a, 48b Sn-Ni化合物膜

25 半田バンプ

25a, 44a 半田

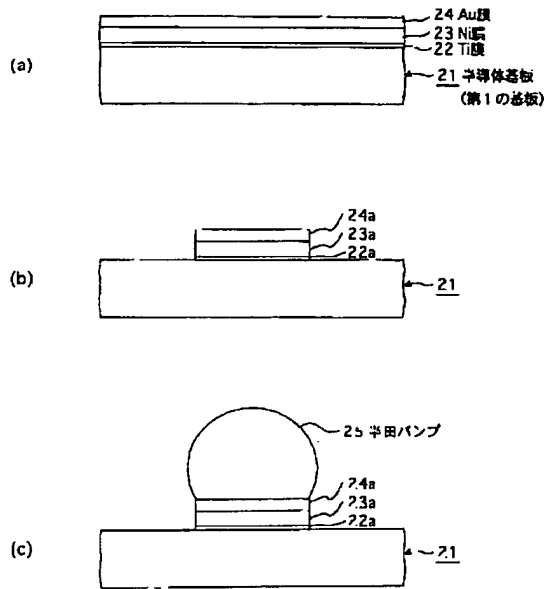
26, 45 回路基板 (第2の基板)

31 Au-Sn化合物

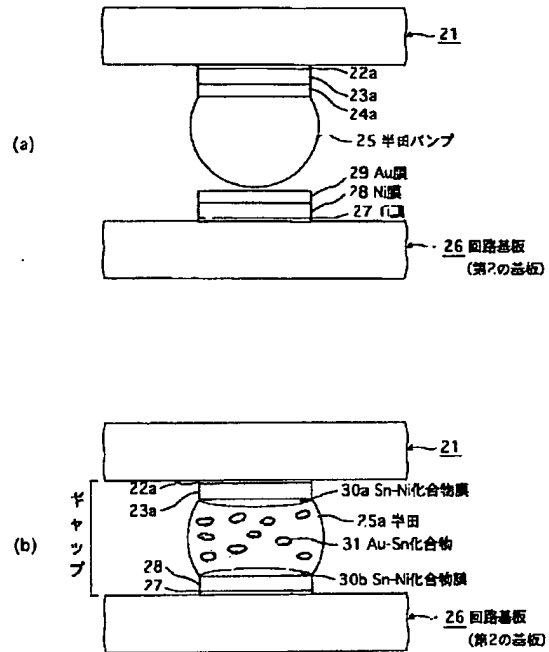
31a, 31b, 49a, 49b Au-Sn化合物膜

44 Au入り半田バンプ

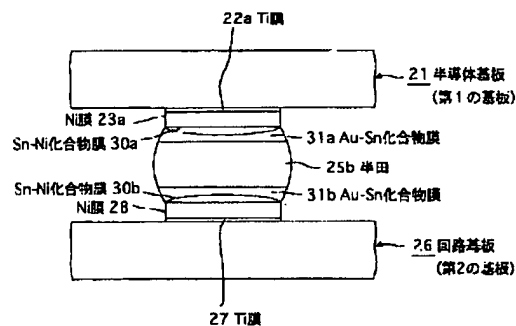
【図1】



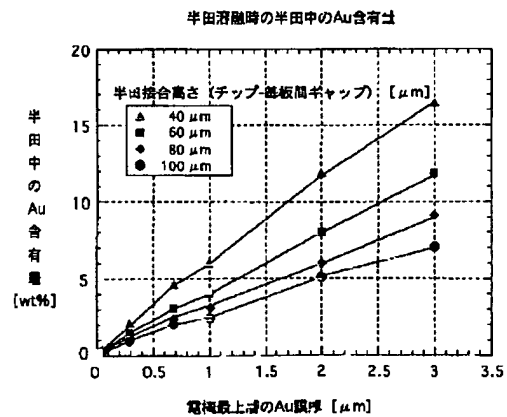
【図2】



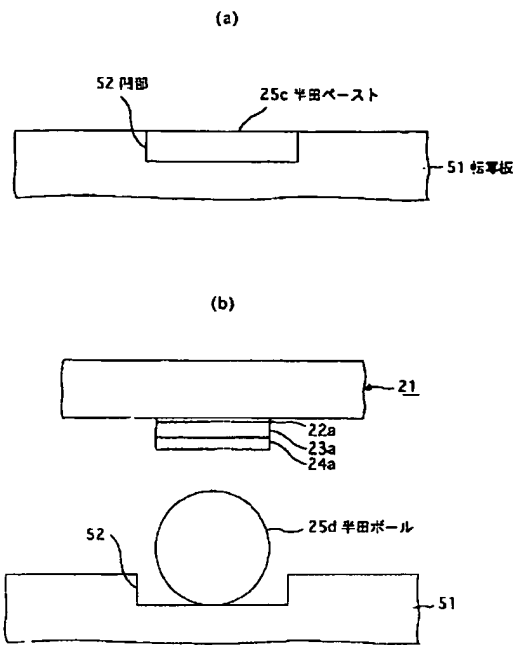
【図3】



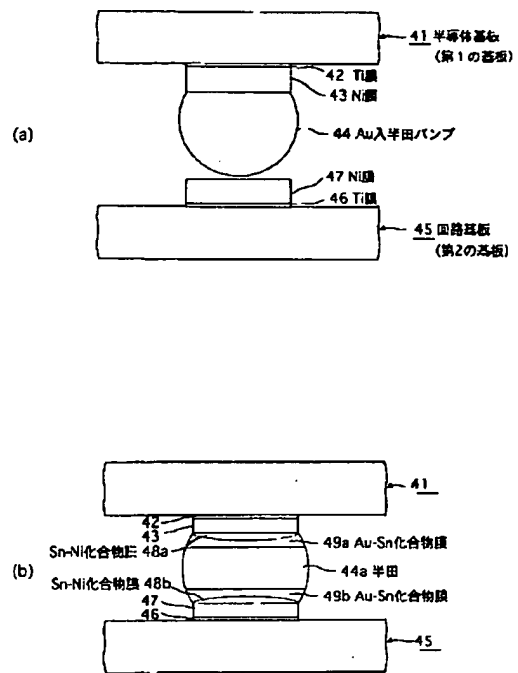
【図5】



【図4】



【図6】



【図7】

